

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra aplikované ekologie



Vegetativní šíření potenciálně invazního čistce vlnatého  
(*Stachys byzantina*)

**Bakalářská práce**

Vedoucí práce: doc. Ing. Kateřina Berchová, Ph.D.

Bakalant: Jakub Kohout

2019

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jakub Kohout

Územní technická a správní služba

Název práce

**Vegetativní šíření potenciálně invazního čistce vlnatého (*Stachys byzantina*)**

Název anglicky

**Vegetative spreading of potentialy invasive species *Stachys byzantina***

---

### Cíle práce

1. Zjistit dynamiku tvorby nadzemních vegetativních a generativních orgánů čistce vlnatého v průběhu vegetační sezóny,
2. kvantifikovat vývoj pokryvnosti nadzemní biomasy studovaného druhu,
3. zhodnotit, zda se tvorba nadzemní biomasy liší mezi lokalitami sběru.

### Metodika

Práce bude experimentálního charakteru, kdy bude na pokusných plochách sledována dynamika tvorby nadzemní biomasy u rostlin odebraných z 5 zplaňujících populací. Součástí práce bude také vyhodnocení rychlosti vegetativního šíření a odhalení reprodukčního potenciálu sledovaných rostlin. Bude zhodnocen invazní potenciál druhu.

**Doporučený rozsah práce**

30 stran, 4 grafy

**Klíčová slova**

rostlinné invaze, nepůvodní druh, okrasné rostliny, vegetativní orgány, rozrůstání

---

**Doporučené zdroje informací**

- CHITTKA L. SCHÜRKENSS., 2001: Successful invasion of a floral market. An exotic Asian plant has moved in on Europe's river-banks by bribing pollinators. – *Nature* 411
- CHYTRÝ M. et PYŠEK P., 2008: Invaze nepůvodních druhů v rostlinných společenstvech (Invasions by alien species in plant communities)
- KŘIVÁNEK M., 2004: Rostlinné invaze – pět otázek a pět odpovědí. *Ochrana přírody. Environs* : Praha
- KUBÁT K., HROUDA L., CHRTEK J. jun., KAPLAN Z., KIRSCHNER J. et ŠTĚPÁNEK J. [eds], 2002: Klíč ke květeně České republiky. – Academia, Praha, p. 928
- PYŠEK, P. – FOXCROFT, L. C. – RICHARDSON, D. M. *Plant invasions in protected areas : patterns, problems and challenges*. Dordrecht: Springer, 2013. ISBN 978-94-007-7749-1.
- 

**Předběžný termín obhajoby**

2018/19 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Kateřina Berchová, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra aplikované ekologie

**Konzultant**

Ing. Martina Kadlecová

Elektronicky schváleno dne 14. 3. 2019

**prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 14. 3. 2019

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 15. 04. 2019

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Vegetativní šíření potenciálně invazního čistce vlnatého (*Stachys byzantina*)“ vypracoval samostatně a uvedl veškeré literární prameny, které byly během této práce použity. Zároveň souhlasím se zveřejnění práce jak v tištěné, tak v elektronické podobě.

V Praze, dne 23.4.2019

Jakub Kohout

## PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych velmi poděkovat Ing. Martinu Vojíkovi a Ing. Martině Kadlecové, kteří mi během zpracování bakalářské práce ochotně pomáhali a dávali cenné rady.

V Praze, dne 23.4.2019

Jakub Kohout

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá vegetativním šířením čistce vlnatého (*Stachys byzantina*), který zplaňuje z okrasných výsadeb (soukromé zahrady, veřejné parky aj.) odkud se šíří dále do okolní krajiny – mohlo by se tedy jednat o druh s invazním potenciálem. Jedním ze základních faktorů indikujících invazní potenciál rostlin je schopnost rychlého vegetativního šíření, které bylo v rámci práce popsáno – sledován byl nárůst biomasy v čase a samotná rychlost rozrůstání. Základem praktické části práce je experiment, který spočívá ve sběru dat získaných prostřednictvím venkovního nádobového experimentu – u rostlin byl sledován nárůst biomasy, výšky rostlin, délky a šířky listů včetně celkového počtu listů.

V rámci výsledků práce bylo zjištěno, že rostliny z odlišných lokalit dosahují rozdílných parametrů nadzemní biomasy, což může být způsobeno mj. fenotypovou plasticitou. Rostliny jsou tedy schopné přizpůsobit se konkrétním stanovištním podmínkám a rozrůstat se s rychlostí a pokryvností, které mohou mít významný vliv na ostatní druhy.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

nepůvodní druh, okrasné rostliny, rostlinné invaze, vegetativní orgány, vegetativní rozmnožování

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with the vegetative spreading of the *Stachys byzantina*, which emanates from ornamental plantations (private gardens, public parks, etc.) from where it spreads to the surrounding landscape - it could be a species with invasive potential. One of the basic factors indicative of invasive potential is vegetative spreading, which was described in the work - the increase in biomass over time and the rate of sprawl itself were observed. The basis of the practical part is an experiment, which consists in collecting data obtained through an outdoor container experiment - the growth of biomass, plant height, leaf length and width, including the total number of leaves, was observed in plants.

The results of the work found that plants from different localities reach different parameters of aboveground biomass, which can be caused, among other things, by phenotypic plasticity. Thus, plants are able to adapt to specific habitat conditions and grow with speed and coverage that can have a significant impact on other species.

## **KEY WORDS**

alien species, ornamental plants, plant invasions, vegetative organs, vegetative reproduction

## Obsah

2	Úvod.....	9
3	Cíle práce .....	10
4	Literární rešerše.....	10
4.1	Nepůvodní a invazní druhy rostlin .....	10
4.1.1	Faktory zvyšující invazní potenciál rostlin .....	12
4.1.2	Vliv invaze na původní rostliny .....	13
4.1.3	Způsoby likvidace invazních druhů a dotační politika .....	14
4.1.4	Nepůvodní rostliny v České republice .....	15
4.1.5	Legislativa v České republice .....	16
4.2	Zplaňování rostlin.....	17
4.3	Čistec vlnatý ( <i>Stachys byzantina</i> ).....	18
4.3.1	Morfologie .....	18
4.3.2	Stanoviště a areály rozšíření.....	18
5	Charakteristika území odebraných vzorků.....	19
5.1	Úvaly .....	19
5.2	Nechranice .....	20
5.3	Kamenný vrch .....	21
5.4	Suchdol.....	21
5.5	Bezděz .....	22
6	Metodika .....	23
6.1	Sběr rostlin .....	23
6.2	Charakteristika nádobového experimentu .....	23
6.3	Metody a techniky sběru dat.....	24
6.4	Nedestruktivní odhad nadzemní hmotnosti biomasy .....	24
6.5	Statistické analýzy .....	25
7	Výsledky .....	25
7.1	Analýza průměrné výšky rostliny.....	25
7.2	Analýza průměrné délky největšího listu .....	27
7.3	Analýza průměrné šířky největšího listu .....	28
7.4	Analýza průměrného počtu vytvořených listů.....	29
7.5	Průměrná hmotnost biomasy .....	31
7.6	Plocha rozrůstání .....	31
8	Diskuze.....	36
9	Závěr .....	39
10	Seznam použité literatury a zdrojů.....	40



# 1 Úvod

Čistec vlnatý je rodu *Stachys*, který je jedním z největší rodů čeledi hluchavkovitých (*Lamiaceae*). Jedná se původně o íránský endemický druh (Asnaashari et al. 2010). Jde o rostlinu s léčivými účinky (Botany.cz, 2007, Houska, 2007). V České republice (ČR) je druh nepůvodní, v rámci rodu zde však najdeme příbuzné nativní druhy: čistec přímý (*Stachys recta*), čistec alpínský (*Stachys alpina*), čistec bahenní (*Stachys palustris*) nebo čistec lesní (*Stachys sylvatica*) (Hejný et Slavík, 2003). Z literatury vyplývá, že nejbližší příbuzný druhu *Stachys byzantina* je v ČR silně ohrožený druh (C2b) čistec německý (*Stachys germanica*) (Dündar et al. 2013).

V rámci současných výzkumů chybí zejména údaje o šíření taxonu, klonálním rozrůstání a klíčivosti semen, které by bylo vhodné doplnit a publikovat vzhledem k potenciálnímu invaznímu šíření na území ČR. Rovněž není známa populační variabilita, dynamika druhu a jeho chování při šíření do (polo) přirozených a rostlinných společenstev.

Šíření geograficky nepůvodních druhů vč. druhů invazních může ovlivňovat biodiverzitu či ekologickou stabilitu krajiny a zároveň může mít také negativní ekonomický dopad na hospodářství jednotlivých států v rámci celé Evropy. Hybateli současného invazního šíření jsou poté globální otevřenost obchodu a související možnost cestování do vzdálenějších regionů a kontinentů, než bylo běžné v minulosti. Dalším výrazným motorem invazního šíření jsou probíhající klimatické změny, které umožňují životaschopné šíření do volné krajiny také nepůvodním druhům aridních oblastí jako je např. kohoutek věncový (*Lychnis coronaria*) nebo právě čistec vlnatý (*Stachys byzantina*).

Taxon je často využíván jako rostlina pro okrasné výsadby, odkud však může zplaňovat (Hejný et Slavík, 2003) což již bylo prokázáno v práci Barošová et. Baroš, (2009). Jelikož se jedná o nepůvodní druh, který je podle katalogu nepůvodních rostlin ČR kategorizován jako přechodně zavlečený (Pyšek et al., 2012<sup>b</sup>), existuje zde tedy jisté ohrožení nativních společenstev jeho spontánním šířením. Invazní status studovaného druhu by se tedy vlivem šíření do polopřirozených biotopů mohl změnit, podobně jako se již posunul např. u druhu slivoň myrobalán (*Prunus cerasifera*), status

byl mezi lety 2002 a 2012 změněn z naturalizovaného (naturalized) na invazní (invasive) (Pyšek et al., 2012<sup>a</sup>). V případě masivního šíření studovaného druhu by v úvahu připadalo mj. také zařazení do černého a šedého seznamu invazních druhů ČR (Pergl et al., 2016).

## 2 Cíle práce

Bakalářská práce si klade za cíl:

- 1) Zjistit dynamiku tvorby nadzemních vegetativních a generativních orgánů čistce vlnatého v průběhu jedné vegetační sezóny,
- 2) - Popsat vývoj pokrývnosti nadzemní biomasy studovaného druhu a porovnat, zda se tvorba nadzemní biomasy liší mezi lokalitami sběru.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Nepůvodní a invazní druhy rostlin

Rozšiřování nepůvodních, popř. invazních rostlin může snižovat biologickou rozmanitost, způsobovat ztráty v zemědělství, ale také negativně působit na lidské zdraví – např. bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*) či ambrosie peřenolistá (*Ambrosia artemisiifolia*) (Mlíkovský et Stýblo, 2006).

Jako nepůvodní druhy jsou obecně označovány taxony, které se do území dostaly v důsledku lidské činnosti z území, ve kterém jsou původní, anebo přirozenou cestou z území ve kterém jsou nepůvodní (Pyšek et al., 2012<sup>a</sup>). Za invazní jsou poté považovány druhy, jejichž introdukce nebo šíření ohrožuje biologickou diverzitu (Mlíkovský et Stýblo, 2006) .

Invazní proces zahrnuje čtyři základní fáze, kterými druh postupně prochází, nicméně ne všechny nepůvodní rostliny se dostanou až do konečné fáze. První fází je zavlečení (introdukce), kde dochází k překonání geografických bariér (oceány, vodní toky, pouště, pohoří apod), k čemuž ve většině případů dojde za pomoci člověka resp. lidských činností záměrných nebo nezáměrných (Pyšek et al., 2012<sup>a</sup>). Pokud poté rostlina překoná environmentální bariéry (např. klimatické podmínky) v místě zavlečení, stává se přechodně zavlečenou rostlinou (casual). Další fází je zdomácnění

(naturalizace), která nastává po překonání rozmnožovacích bariér, což je např. absence vhodných opylovačů, jedinců druhého pohlaví, rozdílná vegetační sezona nebo predace semen původními živočišnými druhy. Rostlina je poté schopna vytvářet trvale života schopné populace a vyskytuje se v daném území dostatečně dlouhou dobu, aby byla schopna vyrovnat se s výrazně odlišným klimatem – v tuto chvíli nastává poslední fáze procesu, tedy invaze (Pyšek et al., 2002).

Nepůvodní rostliny lze dělit podle doby jejich zavlečení na archeofyty a neofyty. Archeofyty se začaly ze svého primárního areálu šířit během neolitické (zemědělské) kolonizace, kdy člověk zemědělstvím, pastevectvím, klučením a vypalováním vytvářel nová stanoviště, která umožnila některým druhům invadovat rozsáhlá území např. mák vlčí (*Papaver rhoeas*) nebo merlík všedobr (*Blitum bonus-henricus*) (Pyšek et al., 2012<sup>b</sup>). Jako neofyty jsou poté označovány rostliny, jejichž šíření začalo s dalším významným průlomem - objevení Ameriky, kdy se rozšířil obchod, a začalo docházet k dalšímu významnému šíření nepůvodních druhů (Marková et Hejda, 2011). Status invazního druhu následně dostávají zpravidla neofyty, které překročily tzv. lag fázi, což je období klidu, které spočívá v adaptaci na místní klimatické podmínky či genetické změny (Pergl, 2008). Mezi invazní neofyty ČR patří například křídlatka japonská (*Fallopia japonica*) nebo netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*) (Pyšek et al., 2012<sup>b</sup>).

Zavlečení do sekundárního areálu lze také rozdělit na úmyslné (intentional) a neúmyslné (unintentional). Úmyslně zavlečenými druhy bývají zejména okrasné rostliny, rostliny využívané v zemědělství, a taxony využívané pro technické a krajinářské a okrasné účely, jako je např. studovaný čistec vlnatý. Neúmyslně zavlečené druhy jsou poté reprezentovány rostlinami, které se do svých sekundárních areálů dostávají jako příměs rostlinných nebo živočišných produktů (ovoce, osivo, dřevo, vlna apod.) - např. koukol polní (*Agrostemma githago*) (Pyšek et al., 2002). Dalším častým způsobem neúmyslného zavlečení může být transport semenného materiálu v srsti či zažívacím traktu převážených zvířat (Moravcová et al., 2010). Potenciální ohniska neúmyslně zavlečených nepůvodních druhů tedy představují zejména překladiště, říční přístavy a železniční nádraží, kde rostliny nejdříve stagnují a následně mohou úspěšně invadovat do okolní krajiny (Jehlík, 1998).

Odhalení invazního potenciálu nepůvodních druhů však bývá obtížné, nicméně a nezbytné pro volbu vhodné prevence popř. včasné likvidace, které jsou finančně méně náročné než boj s již probíhající invazí (Koop et al., 2011; Pergl et al., 2013). V dnešní době mohou být vhodnými nástroji pro předcházení invazím mj. četné databáze zahrnující nepůvodní druhy, které umožňují kvalitní systém včasného varování a výměny informací o jednotlivých druzích např. Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe (DAISE), Plant List nebo český Pladius (theplantlist.org, pladius.cz, europe-aliens.org ) K posouzení rizik se užívá také systematický proces Weed Risk Assessment (WRA), který na základě dostupných podkladů odhaduje možná rizika šíření rostlinného druhu v daném regionu (Koop et al., 2011). Vhodným postupem je poté propojení údajů o příčinách zavlečení invazního druhu a o průběhu jeho šíření, čímž může dojít ke zlepšení systému včasného varování (Pyšek et al., 2012<sup>a</sup>).

### 3.1.1 Faktory zvyšující invazní potenciál rostlin

Sklony rostlinného druhu stát se invazním často souvisí s jeho výraznou kompetiční převahou nad nativními druhy, či s nadbytkem zdrojů, které nejsou v místě potenciální invaze plně využívány – nepůvodní druh pak nachází dostatek volných zdrojů a může se dobře šířit (Chytrý et Pyšek, 2008). Dalšími podstatnými faktory jsou schopnosti samotných druhů, vlastnosti nově osidlovaných území či společenstev, a sukcesní stáří konkrétních stanovišť (Jehlík, 1998). Jedním z hlavních zdrojů, které mohou podporovat invazní šíření na území, jsou poté živiny, které v nadměrné míře způsobují eutrofizaci půd, což vede k výraznému snižování lokální druhové bohatosti (např. ústup oligotrofních druhů). Následně se v těchto místech tvoří druhově chudé porosty, čímž vzniká prostor pro rozšíření invazních rostlin, které zde využijí nadbytek živin. Příkladem mohou být křídlatky (*Reynoutria spp.*, syn. *Fallopia spp.*), kterým úživná stanoviště vyhovují a mohou na nich kompetičně omezovat nebo zcela potlačit domácí druhy (Tilman, 1993).

Podle Darwinovy naturalizační hypotézy budou v oblasti kompetice úspěšnější také především druhy, které v nepůvodním areálu postrádají blízké příbuzné taxony, a se kterými by se překrývaly ve využívání zdrojů a zároveň sdílely větší spektrum specializovaných konkurentů (Dostál et Palečková, 2011).

Další relevantní teorií je hypotéza úniku před nepřáteli Enemy Release Hypothesis (ERH), která předpokládá, že invazním rostlinám v nepůvodním areálu chybí především škůdci, nemusí tedy investovat energii do ochrany popř. tvorby nové biomasy (Keane et Crawley, 2002). Hypotéza byla již prokázána u vybraných evropských druhů např. netýkavky žláznaté (*Impatiens glandulifera*), třapatky dřípaté (*Rudbeckia laciniata*) nebo křídlatky japonské (*Fallopia japonica*), zavlečených do Severní Ameriky (Mitchell et Power 2003).

Pro většinu invazních rostlin je charakteristický zejména krátký a jednoduchý životní cyklus s vysokou plodností a genetickou variabilitou. Právě vysoká plodnost a velké množství diaspor nepůvodních druhů mohou vést k invazi i do poměrně odolného společenstva, které je například narušeno občasnými disturbancemi, jedním z hlavních motorů rostlinných invazí (Chytrý et Pyšek, 2008).

### 3.1.2 Vliv invaze na původní rostliny

Vliv invazních rostlin na okolní prostředí nemusí být nutně negativní, nicméně velmi často má invazní šíření za následek narušování původních ekosystémů a vede ke snížení rostlinné diverzity invadovaného území (Marková et Hejda, 2011). Ohrožení biodiverzity v důsledku invaze se může projevit mj. také změnou i relativně bohatých společenstev na společenstva chudá v extrémních případech poté jednodruhová (Marková et Hejda, 2011).

Rostlinné invaze jsou často rozpoznány, až když probíhají, proto chybí srovnatelná data o stavu invadovaných systémů před invazí (Hejda et al, 2009). Při invazi může dojít k narušení přirozené dynamiky systému a následnému vymizení původních druhů, protože původní taxony nejsou často připraveny na silně dominantní druhy nepůvodní. Dalším negativním vlivem invaze je narušení genetické variability původních taxonů. Může docházet ke křížení s druhy nepůvodními, což vede ke vzniku hybridů, které se případně mohou opět křížit s mateřskými populacemi a tím znovu omezovat variabilitu nativních populací mateřských rostlin (Marková et Hejda, 2011). V rámci hybridizace může dojít také ke křížení dvou taxonů stejného rodu, které se oba chovají invazně v sekundárním areálu – výsledkem může být mimořádně odolný

a kompetičně silný invazní taxon – např. křídlatka česká (*Revnoutria x bohemica*) (Pyšek et al., 2012<sup>a</sup>).

Dominance invazního druhu se může projevit mj. v nadměrném využívání živin a vody z půdy, omezování přísunu světla a kyslíku pro okolní druhy (produkce větší a hustější nadzemní biomasy), ale také schopností měnit pH v půdě včetně jejího celkového složení - např. akumulovat větší množství dusíku v půdě (Pergl, 2008). Dalším příkladem nepůvodního druhu, který mění půdní vlastnosti je borovice vejmutovka (*Pinus strobus*), která svým vysokým opadem může způsobit i naprostou destrukci bylinného podrostu. Také zavlečené druhy živočichů způsobují škody. Jako příklad lze uvést jelena siku, který svým okusem a loupáním poškozuje stromy a také dochází ke křížení s jelenem evropským (Hejda et al, 2009).

### 3.1.3 Způsoby likvidace invazních druhů a dotační politika

Vzhledem k potencionálnímu rozsahu ekologických škod v důsledku invazního procesu je potřeba zabránit nebo alespoň snížit šíření invazích druhů a tím omezit negativní dopad na životní prostředí. K zamezení a eliminování šíření invazních rostlin lze využít tři základní postupy – mechanickou, chemickou a biologickou kontrolu (Wittenberg et Cock, 2001).

Kontrola spočívá v dlouhodobém udržení hustoty a abundance invazní populace pod stanovenou akceptovatelnou hranicí. To může umožnit původním druhům znovu získat prostor pro růst. Chemická kontrola spočívá zejména v aplikaci herbicidů. Chemické metody a jejich kombinace s mechanickými jsou preferovány vzhledem k jejich účinnosti, ale je třeba zvážit jejich použití vzhledem k rozsahu likvidace a zohlednit omezení, která se k jejich použití váží. Herbicidy však často nelze použít z důvodu zákazu využití herbicidních prostředků ve zvláště chráněném území, ochrany vod či nesouhlasu veřejnosti (Wittenberg et Cock, 2001).

Dalším z možných způsobů kontroly poté může být kontrola biologická, která spočívá v zavedení přirozených nepřátel z primárního areálu invazních rostlin, kde je přirozeně omezují, do prostředí, ve kterém cílové druhy invadují. Aby se omezilo negativní ovlivnění těmito rovněž nepůvodními druhy, jsou pro biokontrolu vybírány taxony, které mají úzkou hostitelskou specializaci. Cílem biokontroly je zejména snížení kompetenčních schopností invazního druhu oproti nativním druhům,

např. snížení hustoty porostů a tedy celkového dopadu na prostředí. Nevýhodou biokontroly je její nejistá míra účinku na invazní druh a také doba, než použitý nepřítel dosáhne chtěného efektu. I přes tyto nevýhody však klasická biokontrola představuje, ve srovnání s ostatními metodami, nejlevnější variantu pro potlačení invazních druhů (Wittenberg et Cock 2001).

Mezi mechanickou kontrolu zařazujeme eradikaci, což je úplné odstranění celé populace invazního druhu z určitého území, a to včetně všech propagulí. Vhodnost zvolené eradikační metody záleží na konkrétním invazním druhu, proti kterému má být využita. Úspěšnost eradikace závisí na rozšíření druhu v daném území a také na velikosti této plochy, ze které chceme invazní druh odstranit. Obecně platí, že čím větší je plocha invadovaného území, tím menší je pravděpodobnost, že se podaří invazní druh kompletně odstranit (Wittenberg et Cock, 2001).

K eradikaci, likvidaci či omezení invazních druhů rostlin lze v ČR využívat dotačních titulů, jako jsou: Program péče o krajinu, Program podpora obnovy přirozených funkcí krajiny nebo lze využít projekt samosprávných celků; z evropských zdrojů pak lze čerpat v rámci Operačního programu Životní prostředí nebo Programu LIFE (AOPK ČR, 2016; MŽP ČR, 2016).

#### 3.1.4 Nepůvodní rostliny v České republice

V České republice bylo evidováno 1 454 nepůvodních druhů rostlin, z toho 61 je považováno za invazní. Nejvíce likvidovanými druhy jsou v současnosti bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*), křídlatka japonská (*Fallopia* syn. *Reynoutria japonica*) a netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*). Další nepůvodní druhy se poté z konkrétního prostředí odstraňují místně podle potřeby – např. trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*) (stepní a skalní lokality v NP Podyjí a dále na xerothermních lokalitách), lupina mnoholistá (*Lupinus polyphyllus*) (hlavně v podhorských oblastech v NP Šumava a KRNAP) či borovice vejmutovka (*Pinus strobus*) (NP České Švýcarsko) (AOPK ČR, 2016; MŽP ČR, 2016).

Vhodná místa pro uchycení a jako ohniska následného šíření invazních druhů představují neudržované plochy (např. neudržované pozemky či brownfieldy) zde často dochází k nebezpečnému nárůstu invazních druhů zejména v návaznosti na vodní

toky nebo dopravu, které rozšiřování velmi usnadňují. Další nebezpečí představují klimatické změny, které mohou umožnit šíření dalších potenciálně invazních druhů, pro které na našem území nebyly dosud vhodné podmínky (Pergl et al., 2013).

### 3.1.5 Legislativa v České republice

Důležitým nástrojem v oblasti prevence a zavlékání invazních druhů jsou kvalitní legislativní opatření, která pomáhají omezovat nakládání s invazními a potenciálně invazními druhy na území jednotlivých států (Chytrý et Pyšek, 2008).

Právní řád České republiky (ČR) řeší problematiku introdukovaných druhů poměrně obecně, a to včetně druhů invazních, proto je obtížné reagovat na aktuální hrozby rostlinných a živočišných invazí (Pergl et al., 2013).

Jediným zákonem, kde lze najít zmínku o invazních druzích je Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, kde je uvedeno v § 5 odst. 4, - že „záměrné rozšíření geograficky nepůvodního druhu rostliny či živočicha do krajiny, je možné jen s povolením orgánu ochrany přírody; to neplatí pro nepůvodní druhy rostlin, pokud se hospodářství podle schváleného lesního hospodářského plánu nebo vlastníkem lesa převzaté lesní hospodářské osnovy“ (dle § 5 odst. 4, zákona č. 114/1992 Sb.), zároveň je zde nepůvodní druh definován jako „geograficky nepůvodní druh rostliny nebo živočicha, který není součástí přirozených společenstev určitého regionu“ (AOPK ČR, 2016; MŽP ČR, 2016).

Státní politika životního prostředí se snaží nedostatečné ukotvení v právním řádu kompenzovat a reflektovat ve svých konceptech problematiku invazních druhů v poměrně širokém spektru. Hlavními body jsou monitoring a včasné hodnocení nebezpečí, omezení rizika zavlékání v rámci obchodu a dopravy či realizace programů k potlačení jednotlivých druhů s nepříznivými dopady na biologickou rozmanitost (MŽP ČR, 2016).

Na základě zadání MŽP byly vypracovány seznamy invazních nepůvodních druhů (IAS), které vhodně doplnily stávající legislativu. Černý, šedý a varovný seznam nepůvodních druhů v ČR je kategorizační systém pro posouzení rizik vlivu na biodiverzitu a fungování ekosystému, který rozděluje invazní druhy ČR podle jejich schopnosti šíření, stupně rozšíření, dopadu na životní prostředí a managementové



možnosti likvidace (Pergl et al. 2016). Seznam vychází ze soupisu nepůvodních druhů rostlin a živočichů, kteří se u nás vyskytují ve volné přírodě (Šefrová et Laštůvka, 2005) a také z katalogu nepůvodních druhů ČR.

### 3.2 Zplaňování rostlin

Zplaňování rostlin resp. spontánní šíření záměrně pěstovaného druhu mimo zahradní, zemědělské nebo lesní kultury je jedním z významných faktorů, které mohou ovlivňovat podobu a složení vegetace. Ve většině případů rostliny zplaňují pouze přechodně, a to nejčastěji na synantropních stanovištích, jako jsou parky, zahrady, okrasné výsadby, hřbitovy či skládky a rumišťe. Tato místa jsou obecně chápána jako ohniska potenciálních invazí do volné krajiny. Přechodně zplaňující rostliny (casual) přirozeně přežívají bez podpory člověka, ale oproti zplanělým druhům jen dočasně. Zplanělý druh se totiž trvale množí a udrží populaci déle, než trvá jeho životní cyklus. Některým druhům poté může bránit ve zplanění mj. pozdní klíčení (Pyšek et al., 2002). Příklady druhů, které mají svůj původ v okrasných výsadbách, mohou být mj. netýkavka malokvětá a žláznatá (*Impatiens parviflora*, *Impatiens glandulifera*), které se do volné přírody dostaly zplaněním z botanických a zámeckých zahrad (Tichý et Pyšek, 2001).

Vhodným příkladem pokusu o popsání zplaňování okrasných druhů ze zahradních výsadeb je poté experiment z 80. let, kdy bylo 54 okrasných taxonů vysázeno do záhonů a následně bylo dlouhodobě sledováno jejich spontánní šíření. Z celkového počtu 54 se 10 taxonů ukázalo být kompetičně silnější, než okolní nativní druhy a začalo se šířit do nejbližšího okolí. Část rostlin se rozšiřovala generativně a vytvořila kolonie o desítkách až stovkách jedinců - např. náprstník rezavý (*Digitalis ferruginea*), kohoutek Jovišův (*Lychnis flos-jovis*) či kohoutek věncový (*Lychnis coronaria*). Naproti tomu kakost oddenkatý (*Geranium macrorrhizum*) či škornice červená (*Epimedium x rubrum*) se množily spíše vegetativně, nicméně vytvořily tímto způsobem také významné metapopulace s velmi hustým porostem (Knotková et. Baroš, 2009).

### 3.3 Čistec vlnatý (*Stachys byzantina*)

Původně íránský endemit, kterého lze v literatuře najít také pod názvy *lamb's ear* nebo *lamb's tongue* má původ v severozápadním Íránu, zejména ve vyšších nadmořských výškách, ale je rozšířen také v Turecku, napříč celým Kavkazem a v Afgánistánu (Asnaashari et al. 2010). V rámci rodu *Stachys* byl analyzován genom metodou RAPD, dále byly identifikovány druhově specifické markery pro studium DNA, polymorfismu a genetické změny vznikající během in vitro kultivace *Stachys sieboldii* (Kochieva et al. 2002). Dále byl *Stachys* zkoumán z fylogenetického hlediska (Dündar et al. 2013). U druhu *Stachys byzantina* byly poté zkoumány zejména obsahové látky z listů a stonků, z nichž byla izolována směs esenciálních olejů s prokazatelným antimikrobiálním účinkem (Morteza-Semnani et al. 2006, Bell 2010, Manafi et al. 2010). Struktury většiny sloučenin již byly objasněny spektroskopickými prostředky (Takeda et al. 1997).

#### 3.3.1 Morfologie

*Stachys byzantina* je vytrvalá, nežláznatá, slabě aromatická a šedobíle plstnatá bylina dorůstající výšky 20 až 80 cm (Houska, 2007). Lodyha je přímá, nevětvená nebo zřídka větvená v horní části. Listy jsou podlouhlé, řapíkaté, 3 až 12 cm dlouhé a 1 až 5 cm široké. Okraje listů jsou vroubkovaně až pilovitě zubaté. Povrch na líci je zelený a měkce chlupatý, kdežto na vrubu je šedo zelený a hustě vlnatě chlupatý (Hejný et Slavík, 2003). Květenství se nachází v dolní části oddálených a v horní části nahlučených lichopřeslenech a skládá se z 15 až 20 květů, které jsou kratičce stopkaté a 12 až 14 mm dlouhé. Kalich květů je nežláznatý, zvonkovitý a hustě vlnatě chlupatý. Plodem jsou asi 2,5 mm velké trojboké hnědé až černé tvrdky (Pyšek et al. 2012<sup>a</sup>). Bylina kvete v červnu až srpnu růžovofialovým květem a následně je schopna během reprodukčního období vyprodukovat až 350 semen. Čistec se však může rozmnožovat také vegetativně za pomoci vegetativních orgánů (Hejný et Slavík, 2003).

#### 3.3.2 Stanoviště a areály rozšíření

*Stachys byzantina* je světlomilná rostlina nesnášející zastínění. Během zimního období snáší teploty až -24 °C. Rostlina se přirozeně vyskytuje na suchých, propustných a skeletnatých půdách, jejichž pH se pohybuje v rozmezí 6,5 a 8 (Hawke, 2005). Čistec vyhledává zejména vysluněné, křovinaté stráně či pastviny, ale roste také na zarostlých skálách, vápencových lomech a vápnitých třetihorních sedimentech. Rostlina se poměrně rychle rozrůstá a vytváří pokryv, který zabraňuje v šíření a prorůstání plevelů (Slavík, 2003).

V České republice je čistec vlnatý hojně pěstován v zahradách, hřbitovech či parcích, odkud rostlina zplaňuje (Vojík et al., in prep). Bylina se pěstuje v množství dekorativních kultivarů např., Silver Carpet nebo Cotton Ball (Houska, 2007).

## 4 Charakteristika území odebraných vzorků

### 4.1 Úvaly

Lokalita Úvaly se nachází v Českobrodském bioregionu (1.5), který leží uprostřed středních Čech a zabírá Českobrodskou tabuli, část Čáslavské kotliny a východní část Pražské plošiny. Reliéf bioregionu je ukloněn od jihu k severozápadu až k severovýchodu a většina území leží ve výškách 200-370 m (Culek, 1996). Bioregion je pod vlivem převládajícího západního proudění, v částech údolního zářezu na jihu území se místy ukazují poměrně mírné teplotní inverze. Průměrná teplota v oblasti je 7,5 - 9 °C a srážkový úhrn 550 - 650 mm (Tolasz, 2007).

Na lokalitě se studovaný druh šíří ze záhonku (viz obrázek č. 1) do kulturního trávníku přilehlého parku. Zplaňující rostliny zde vytváří malé porosty, které jsou od mateřské populace vzdáleny několik metrů (viz obrázek č. 2).



Obrázek 1: Zplanění čistce vlnatého



Obrázek2: Místo výskytu mateřské populace čistce vlnatého

## 4.2 Nechranice

Nechranice se nacházejí v Mosteckém bioregionu (1.1), který tvoří výrazná pánevní sníženina ve středu severozápadních Čech. Nadmořská výška oblasti je v rozmezí 220 - 350 m (Culek, 1996). Pro oblast mezi Krušnými horami a českým středohořím jsou typické teplotní inverze, které se projevují mlhami, dříve prosycenými průmyslovými exhaláty. Bioregion se nachází v silném srážkovém stínu se srážkovým úhrnem kolem 480-500 mm. Průměrné teploty se pohybují od 7,6 - 8,6°C (Tolasz, 2007).

V této lokalitě se zkoumaný druh vyskytuje v okrasném záhonku (viz obrázek č. 3) na zahradě a nezplňuje do okolí. Rostlina je zde pravidelně udržována, což může být důvod, proč se nešíří do blízkého okolí (viz obrázek č. 4)



Obrázek 3: Místo výskytu čistce vlnatého



Obrázek 4: Šíření čistce vlnatého v dané lokalitě

### 4.3 Kamenný vrch

Oblast Kamenný vrch se nachází v Brněnském bioregionu (1.24), který je tvořen okrajovou vrchovinou. Reliéf má charakter ploché vrchoviny s výraznou výškovou členitostí, která zahrnuje nadmořské výšky v rozmezí 250 - 500 m (Culek, 1996). Podnebí je přizpůsobeno členitému reliéfu. Území se nachází v mírném srážkovém stínu českomoravské vrchoviny, a proto je poměrně teplé a mírně suché. Průměrné teploty se zde pohybují v rozmezí 8 - 9°C (Tolasz, 2007).

Na lokalitě se studovaný druh šíří z bývalé zahrádkářské osady nejen do kulturních trávníků, ale také do porostů, které zahrnují částečně zapojené stromové patro s výrazným patrem keřovým. Zplaňující rostliny zde vytváří husté porosty a jednotlivé rostliny se šíří až do vzdálenosti několika desítek metrů od mateřské populace.

### 4.4 Suchdol

Suchdol se nachází v Řípském bioregionu (1.2), který se rozkládá v západní části Pražské plošiny a nížinaté tabuli na severozápadě středních Čech. Reliéf je mírně zvlněný, a tak tvoří strmé a skalnaté svahy a údolí, které mají ráz kaňonů (např. údolí Vltavy od Prahy po Kralupy). Nadmořská výška bioregionu je 170 - 340 m (Culek, 1996). Pro oblast je typické suché podnebí s teplotami mezi 8 - 9°C se srážkami 450 - 500 mm, které směrem na východ a jih slabě stoupají. (Tolasz, 2007).

Na lokalitě se čistec vlnatý šíří z okrasného záhonku do kulturního trávníku. Zplaňující rostlina (viz obrázek č. 6) zde tvoří řídké porosty, které se šíří v blízkém okolí své mateřské populace (viz obrázek č. 5)



Obrázek 5: Mateřská populace studované rostliny



Obrázek 6: Zplaňování v dané lokalitě

#### 4.5 Bezděz

Bezděz se nachází v Benátském bioregionu (1.4) ležící v severní části středních Čech. Region je součástí české křídové pánve. Nadmořské výška je 240 - 340 m (Culek, 1996). Podnebí bioregionu je teplé s průměrnou teplotou 7,7 - 8,7°C a srážkami, které rostou s nadmořskou výškou a dosahují až 600 mm (Tolasz, 2007).

Studovaný druh na lokalitě vytváří prozatím jednotlivé dceřiné populace (viz obrázek č. 7), které se šíří kulturním trávníkem v centru obce. Je zřejmé, že zde došlo ke zplanění z několika metrů vzdálených soukromých zahrad, kde je taxon pěstován v rámci okrasné výsadby.



Obrázek 7: Dceřiné populace v lokalitě Bezděz

## 5 Metodika

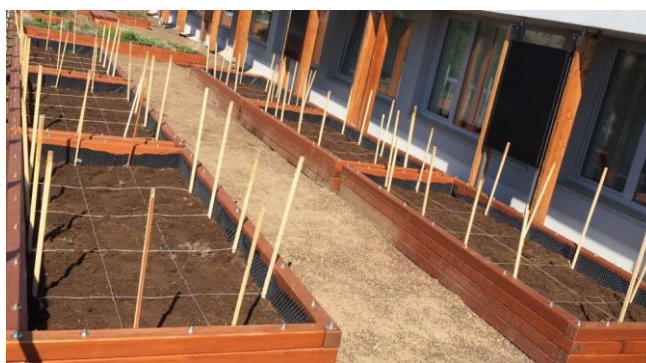
### 5.1 Sběr rostlin

Experiment začal sběrem studovaných rostlin, který probíhal během května 2018 na předem zvolených lokalitách, tj. Bezděz, Nechranice, Brno-Kamenný vrch, Úvaly a Praha-Suchdol. Na invadované lokalitě byla vždy vybrána plocha, ze které byly následně odebrány jednotlivé rostliny pro nádobový experiment.

Z každého území bylo odebráno 9 juvenilních rostlin určených pro experiment. Záměrně byly zvoleny lokality s různou geografickou polohou výskytu studovaného druhu a s rozdílnou mírou zplanění. Během sběru vzorků, až do nashromáždění všech rostlin z jednotlivých území, byly rostliny uchovány na venkovní ploše fakulty životního prostředí v areálu České zemědělské univerzity.

### 5.2 Charakteristika nádobového experimentu

Do 3 shodných záhonů o rozměrech 340 cm × 129 cm (viz obrázek č. 8), byla umístěna zemina tvořená zahradním substrátem, který byl zvolen z toho důvodu, že je obohacen o rašelinu. Záhony byly zajištěny automatickým zavlažováním, aby během letních měsíců nedocházelo k úhynu rostlin. V každém záhonu byl následně vymezen prostor pro rozrůstání o rozměru 68 cm × 43 cm, do kterého byla vždy umístěna 1 rostlina studovaného druhu. Rostliny zde byly rozděleny podle jednotlivých lokalit.



Obrázek 8: Pokusné záhony umístěné na Fakultě životního prostředí

Všechny rostliny měly na počátku pokusu maximálně 3 nejmenší listy pro zajištění standardizace mezi lokalitami i jednotlivými rostlinami. Pro zajištění dobrého uchycení všech rostlin byly vybrány pouze rostliny s dostatečně silným kořenovým systémem. U každé z rostlin byla zjišťována váha na začátku a konci experimentu pro zjištění nárůstu biomasy během sledovaného časového úseku. V průběhu experimentu byly dále sbírány údaje o výšce rostlin, počtu listů, šířce a délce největší listu a pokryvnosti nadzemní biomasy (viz níže). Tímto způsobem bylo zasazeno a sledováno 45 rostlin zkoumaného druhu, které byly po dobu 6 týdnů pravidelně vzorkovány a zavlažovány.

### 5.3 Metody a techniky sběru dat

Po 6 týdnech rozrůstání zasazených rostlin bylo započato měření pásmovým měřidlem a sítí s oky tvaru pravidelných čtverců v rozměrech  $5 \times 5$  cm, tudíž 1 čtverec zaujímal plochu o velikosti  $25 \text{ cm}^2$ , což se v procentuálním pokrytí promítlo, jako 0,85 %. Pokud tedy například rostlina zabírala 4 čtverce, ve výsledku se pokrytí rovnalo  $100 \text{ cm}^2$ , tzn. procentuálně 3,4 %.

První měření rozrůstání pokusných rostlin proběhlo 3. 8. 2018, následně měření probíhalo v deseti, resp. čtrnáctidenní periodě po dobu necelých čtyř měsíců. V rámci měření byla měřena délka nejdelšího listu od řapíku k vrcholu čepele, šířka nejdelšího listu a celková výška rostliny. Určení výšky probíhalo měřením od země k nejvyššímu bodu vzrostlé byliny. Samotné měření spočívalo ve výběru nejdelšího listu rostliny, kdy byla pomocí pásmového měřidla určena délka listu od svého vyústění ze země, až po samotný vrchol listu. Dále byly počítány listy jednotlivých rostlin a byla sbírána data o procentuálním pokrytí vymezeného prostoru pro každou vysazenou rostlinu za pomoci sítě (viz výše).

### 5.4 Nedestruktivní odhad nadzemní hmotnosti biomasy

Poslední den odečtů (tj. 08. 11. 2018) byly z náhodně vybrané rostliny odebrány 3 rozdílné velikosti listů (malý, střední a velký), dále byla vybrána 1 rostlina a byl na ní spočítán počet listů. Vzorky byly vloženy do papírových sáčků. Listy byly následně zváženy (získání hmotnosti čerstvé biomasy) a sušeny v horkovzdušné sušárně při



teplotě 60 °C po dobu 3 dnů, poté byly zváženy znovu pro získání hmotnosti suché biomasy.

Všechny následné analýzy probíhaly s tzv. odhadovanou váhou suché biomasy rostlin - tzn. váha 3 usušených listů byla zprůměrována (0,28 g) a tento výsledek byl použit pro výpočet odhadu váhy listů (počet listů × 0,28 g). Zároveň byla stanovena tzv. "chyba odhadu" pomocí hmotnosti vybrané rostliny (0,85 g).

**Výpočet chyby odhadu:** odhadovaná suchá hmotnost 1 listu (0,28 g) x - počet listů (229) = 64,12 g, reálná suchá váha této rostliny byla 52,10 g.

Chybovost odhadu se tedy pohybuje ± **23 %** (odhadované váhy budou pravděpodobně nadhodnocené)

## 5.5 Statistické analýzy

Získaná data byla statisticky vyhodnocena pomocí modelu jednocestné (one-way) ANOVA s následným testem mnohonásobného porovnání (Tukey's HSD) pro zjištění rozdílů mezi lokalitami. Tvorbě modelu předcházel test na normalitu dat (Shapiro-Wilk Normality Test) a test na homogenitu rozptylu (Bartlett test of Homogeneity of Variances). V případě nesplnění podmínek byla použita neparametrická obdoba jednocestné (one-way) ANOVA, tzv. Kruskal-Wallis test.

Testy byly zpracovány v matematickém software R (verze 3. 1. 2.) a vyhodnoceny na hladině významnosti  $\alpha = 0.05$ . Grafy byly zpracovány v programu Statistica (verze 13).

## 6 Výsledky

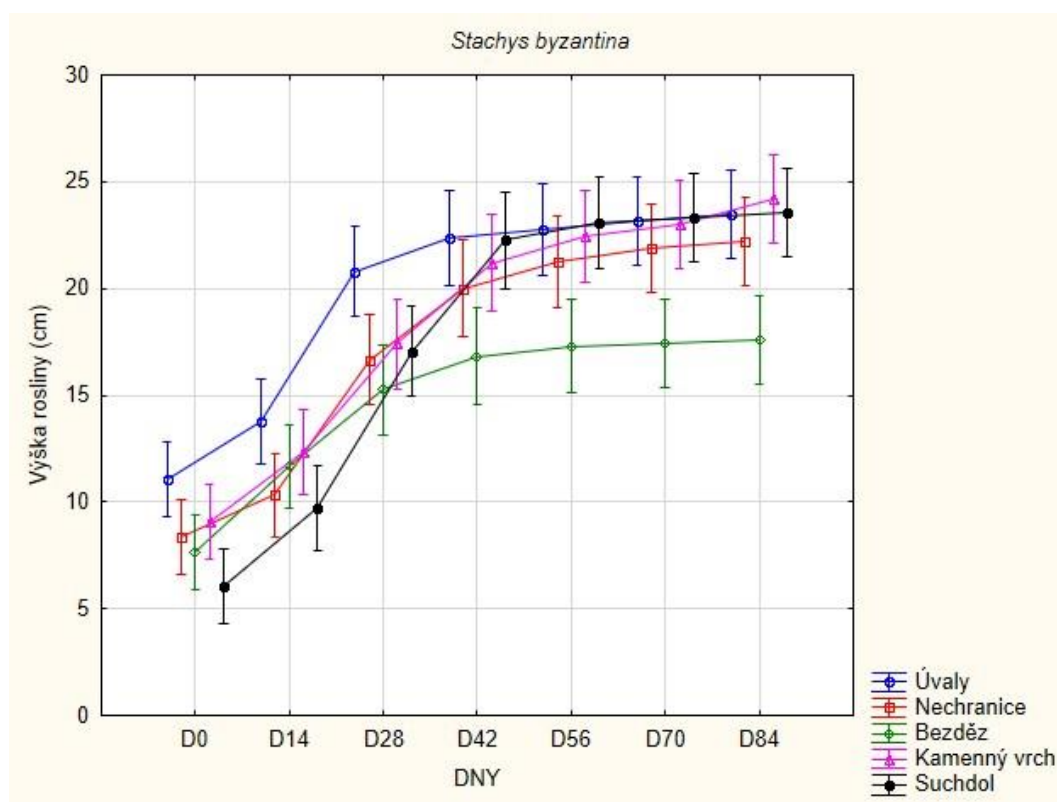
### 6.1 Analýza průměrné výšky rostliny

Výsledek modelu jednocestné (one-way) ANOVA pro předpoklad, že lokalita sběru ovlivňuje výšku rostliny, vyšel průkazný (ANOVA,  $F = 6.813$ ,  $df = 4$ ,  $p = 0.00028$ ). Testovaný model: Výška rostliny ~ lokalitě sběru. Závislá proměnná: výška rostliny (cm). Průměry výšky rostlin z jednotlivých lokalit byly srovnány pomocí testu mnohonásobného porovnání (Tukeyho test). Souhrnné výsledky jsou uvedeny

v tabulce č. 1 a graficky zpracovány na obrázku č. 9. Průměrná výška rostlin v lišících se lokalitách je uvedena v tabulce č. 2. Nejvyšší rostliny byly z lokality Kamenný vrch (24,2 cm) a nejnižší rostliny z lokality Bezděz (17,6 cm). Průměrné výšky rostlin z lokalit Suchdol a Úvaly se shodovaly (viz tabulka č. 2).

Tabulka 1: Výsledky analýzy rozdílů výšek rostlin *S. byzantina* v závislosti na lokalitě

Lokality	Dosažená hladina významnosti (p)	Rozdíl ve výšce rostlin
Kamenný vrch - Bezděz	0.0004658	ano
Nechranice - Bezděz	0.0231038	ano
Suchdol - Bezděz	0.0017064	ano
Úvaly - Bezděz	0.0018685	ano
Nechranice – Kamenný vrch	0.6502943	ne
Suchdol – Kamenný vrch	0.9925438	ne
Úvaly – Kamenný vrch	0.9903088	ne
Suchdol - Nechranice	0.8801057	ne
Úvaly - Nechranice	0.8922429	ne
Úvaly - Suchdol	0.9999998	ne



Obrázek 9: Vývoj výšky rostlin v závislosti na lokalitě

Tabulka 2: Průměrná výška rostlin v lišících se lokalitách

Lokalita	Průměrná výška rostliny (cm)
Kamenný vrch / Bezděz	24,2/17,6
Nechranice / Bezděz	22,2/17,6
Suchdol / Bezděz	23,5/17,6
Úvaly / Bezděz	23,5/17,6

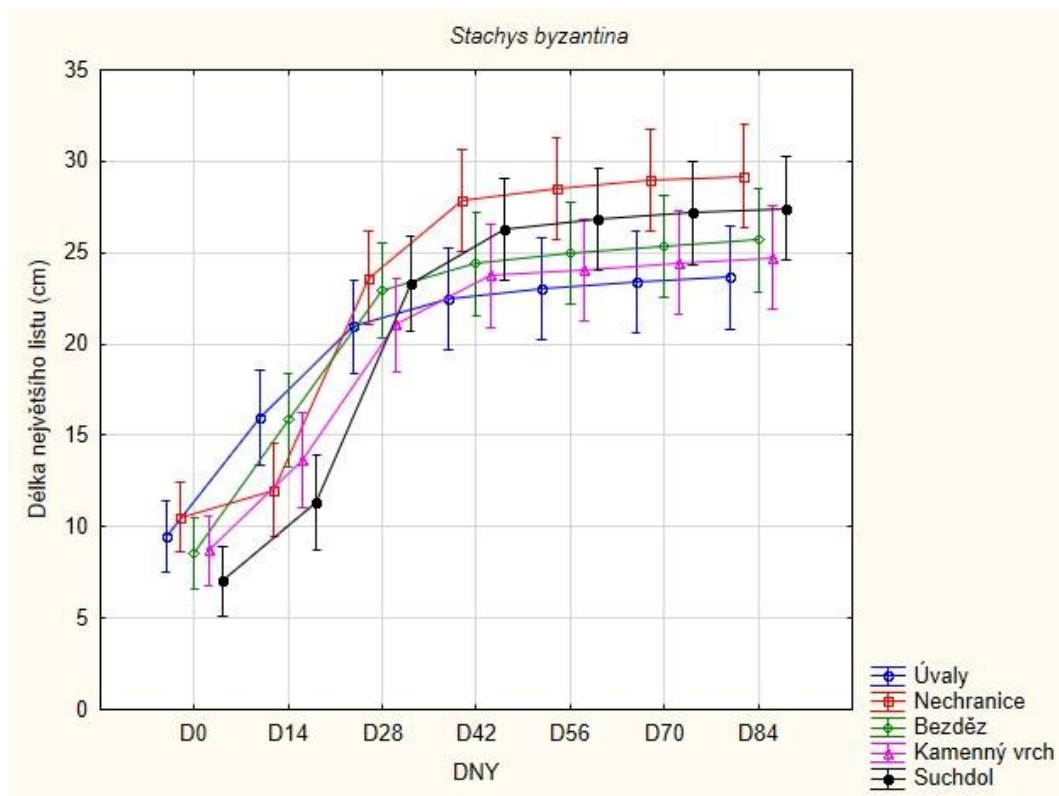
## 6.2 Analýza průměrné délky největšího listu

Výsledek modelu jednocestné (one-way) ANOVA pro předpoklad, že lokalita sběru ovlivňuje délku listu, vyšel neprůkazný (ANOVA,  $F = 2.502$ ,  $df = 4$ ,  $p = 0.0575$ ). Testovaný model: Délka největšího listu ~ lokalitě sběru. Závislá proměnná: délka listu (cm).

Minimální rozdíly v délce největšího listu ukazují, že lokalita sběru neovlivňuje délku listu (viz tabulka č. 3); vývoj délky listu v závislosti na lokalitě je poté zobrazen na obrázku č. 10.

Tabulka 3: Rozdíly v délce největšího listu v rámci dané lokality

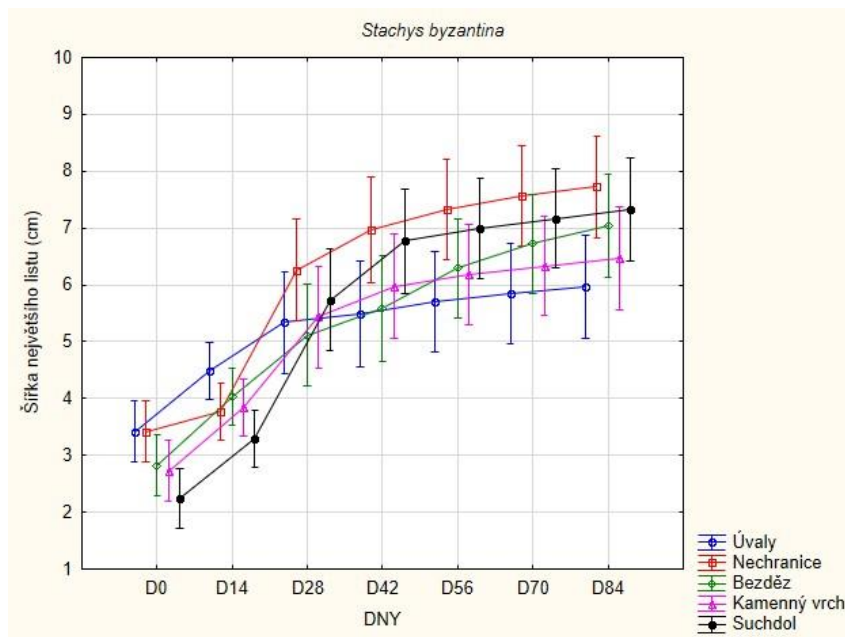
Lokality	Dosažená hladina významnosti (p)	Rozdíl v délce největšího listu
Kamenný vrch - Bezděz	0.9883828	ne
Nechranice - Bezděz	0.3961839	ne
Suchdol - Bezděz	0.9031413	ne
Úvaly - Bezděz	0.8370887	ne
Nechranice – Kamenný vrch	0.1761841	ne
Suchdol – Kamenný vrch	0.6543862	ne
Úvaly – Kamenný vrch	0.9810831	ne
Suchdol - Nechranice	0.8926858	ne
Úvaly - Nechranice	0.0542824	ne
Úvaly - Suchdol	0.3264607	ne



Obrázek 10: Dosažená délka listu (cm) *S. byzantina* dle období a lokality

### 6.3 Analýza průměrné šířky největšího listu

Analýza průměrné šířky největšího listu byla provedena pomocí modelu jednocestné (one-way) ANOVA. Testovaný model: Šířka největšího listu ~ lokalitě sběru. Závislá proměnná: počet listů. Statistická analýza neprokázala signifikantní rozdíl mezi testovanou šířkou listu a lokalitami sběru (ANOVA,  $F = 2.437$ ,  $df = 4$ ,  $p = 0.0628$ ). Grafické zpracování vývoje šířky listu je zobrazeno na obrázku č. 11.



Obrázek 11: Průměrná šířka listu v závislosti na čase a lokalitě sběru

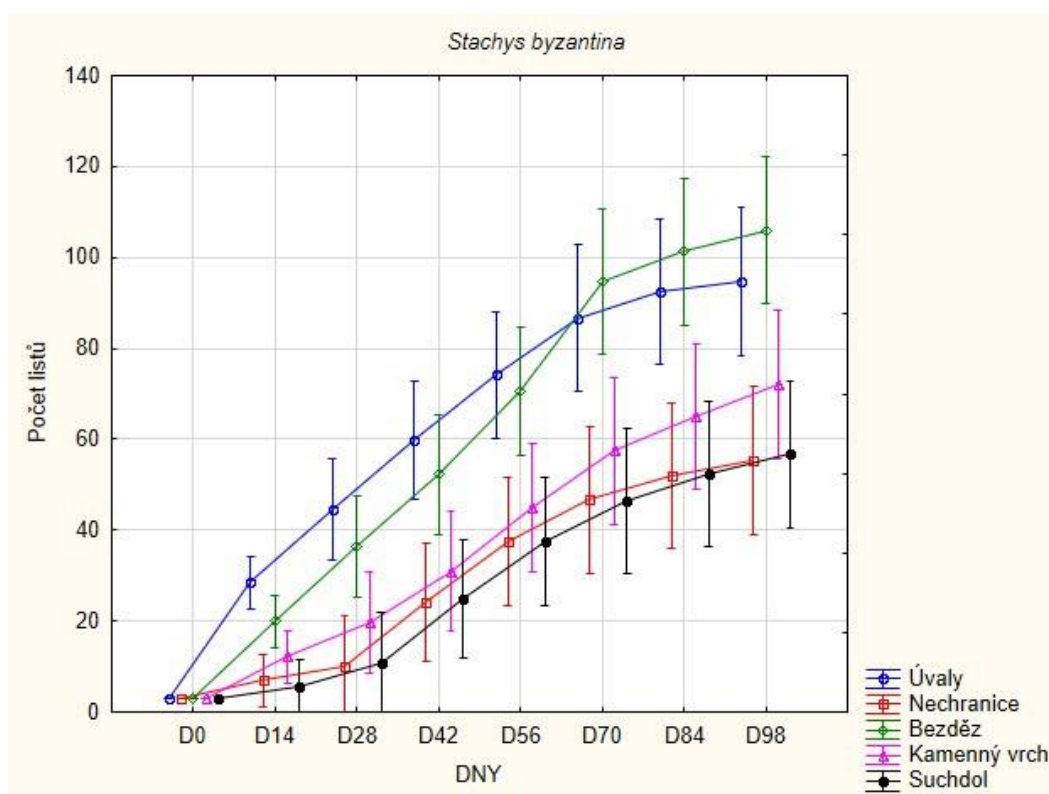
#### 6.4 Analýza průměrného počtu vytvořených listů

Analýza počtu listů byla provedena pomocí modelu jednocestné (one-way) ANOVA. Testovaný model: Počet listů ~ lokalitě sběru. Závislá proměnná: počet listů. Zároveň byla provedena její neparametrická obdoba, tzn. Kruskal Wallis test, a to z důvodu narušení normality dat, které nebylo odstraněno ani logaritmickou transformací. Výsledky obou testů prokázaly signifikantní rozdíl v počtech listů mezi lokalitami sběru (ANOVA,  $F = 7.927$ ,  $df = 4$ ,  $p = 8.37e-05$ ; Kruskal Wallis,  $\chi^2 = 21.144$ ,  $df = 4$ ,  $p = 0.0002965$ ). Rozdílné lokality byly detekovány pomocí testu mnohonásobného porovnání (Tukeyho test). Souhrnné výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 4 a graficky zpracovány na obrázku č. 12.

Průměrný počet listů *S. byzantina* v rámci populací studovaných lokalit je uveden v tabulce č. 5 - nejvyšší průměrný počet listů byl zjištěn u rostlin z lokality Bezděz a nejnižší u rostlin z lokality Nechranice.

Tabulka 4: Výsledky analýzy rozdílů počtů listů rostlin *S. byzantina* v závislosti na lokalitě

Lokality	Dosažená hladina významnosti (p)	Rozdíl v počtech listů
Kamenný vrch - Bezděz	0.0368751	ano
Nechranice - Bezděz	0.0006396	ano
Suchdol - Bezděz	0.0008851	ano
Úvaly - Bezděz	0.8606913	ne
Nechranice – Kamenný vrch	0.5984550	ne
Suchdol – Kamenný vrch	0.6652344	ne
Úvaly – Kamenný vrch	0.2854444	ne
Suchdol - Nechranice	0.9999687	ne
Úvaly - Nechranice	0.0110272	ano
Úvaly - Suchdol	0.0146921	ano



Obrázek 12: Dosažený počet listů *S. byzantina* dle období a lokality

Tabulka 5: Průměrný počet listů v lišících se lokalitách

Lokalita	Průměrný počet listů
Kamenný vrch / Bezděz	72/106
Nechranice / Bezděz	55,4/106
Suchdol / Bezděz	56,6/106
Úvaly / Nechranice	94,7/55,4
Úvaly / Suchdol	94,7/56,6

## 6.5 Průměrná hmotnost biomasy

Největší průměrný přírůstek biomasy měly rostliny z lokality Bezděz (28,84 g) a naopak nejnižší přírůstek byl zaznamenán u rostlin z lokality Nechranice (15,34 g) – viz tabulka č. 6.

Tabulka 6: Průměrná hmotnost biomasy v daných lokalitách

	Průměrná hmotnost suché biomasy v den zasazení (g)	Průměrná hmotnost suché biomasy poslední den sběru (g)	Průměrný přírůstek (g)
<b>Úvaly</b>	0,19	26,54	26,35
<b>Nechranice</b>	0,19	15,53	15,34
<b>Bezděz</b>	0,19	29,03	28,84
<b>Kamenný vrch</b>	0,19	20,16	19,97
<b>Suchdol</b>	0,19	15,87	15,68

## 6.6 Plocha rozrůstání

Grafické znázornění zobrazuje plochu rozrůstání nejmenší a největší studované rostliny mezi jednotlivými lokalitami. Zaznamenána jsou data ze dne zasazení a dále z prvního, čtvrtého a sedmého týdne měření (viz obrázky č. 13 - 18). Jeden čtverec ze čtvercové sítě zaujímá plochu 25 cm<sup>2</sup>.

Tabulka 7: Procentuální rozrůstání největší a nejmenší rostliny v jednotlivých týdnech v určitých lokalitách

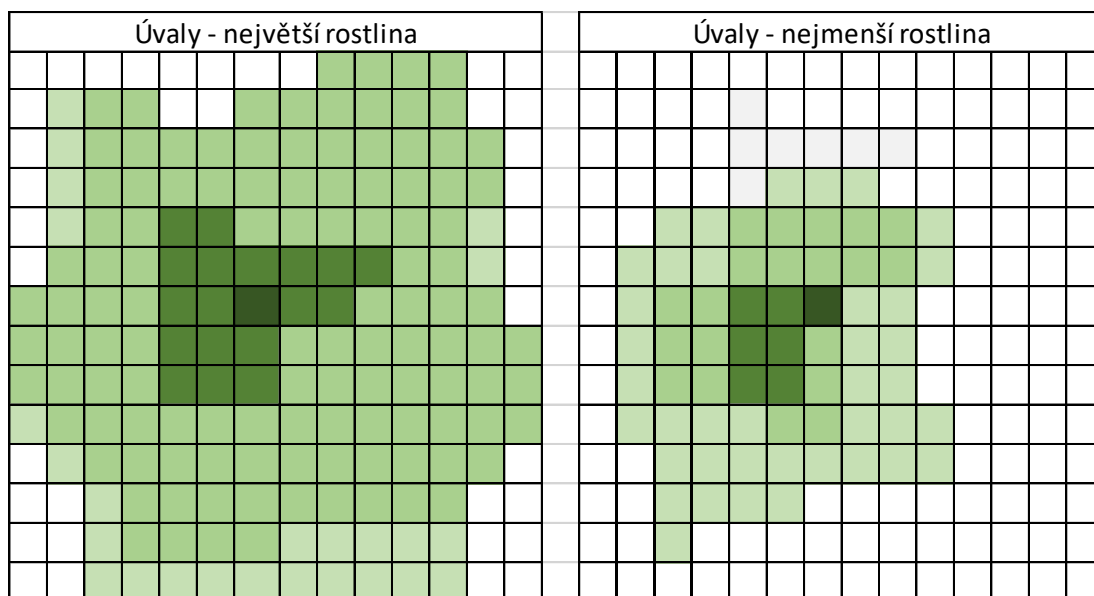
Lokalita	Největší rostlina (%)	Nejmenší rostlina (%)
Úvaly (1. týden)	9	3
Úvaly (4. týden)	58	10
Úvaly (7. týden)	13	20
Nechranice (1. týden)	4	1
Nechranice (4. týden)	3	3
Nechranice (7. týden)	25	13
Bezděz (1. týden)	6	0
Bezděz (4. týden)	54	16
Bezděz (7. týden)	14	17
Kamenný vrch (1. týden)	1	1
Kamenný vrch (4. týden)	26	0
Kamenný vrch (7. týden)	12	7
Suchdol (1. týden)	2	0
Suchdol (4. týden)	10	5
Suchdol (7. týden)	5	6

zasazení
1. týden měření
4. týden měření
7. týden měření

Obrázek 13: Legenda

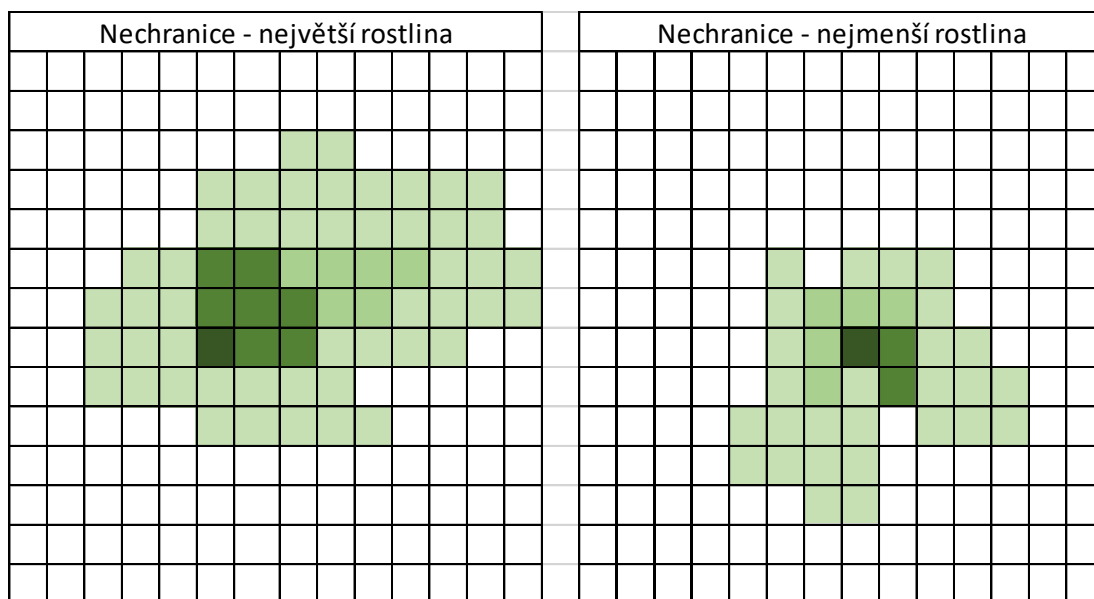


Největší rostlina z lokality Úvaly se nejvíce rozrůstala mezi 1. a 4. týdnem měření (o 58 %), zatímco nejmenší rostlina z této lokality se nejvíce rozrůstala v období mezi 4. a 7. měřením (o 20 %) (viz obrázek č. 14 a tabulka č. 7).



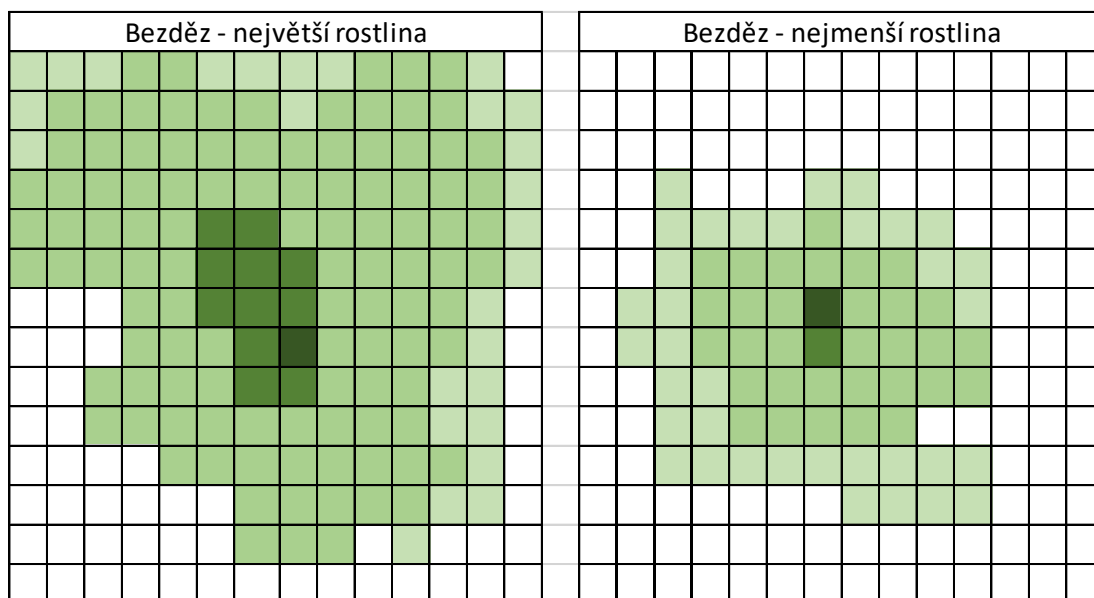
Obrázek 14: Plochy rozrůstání v lokalitě Úvaly

Největší rostlina z lokality Nechranice se nejvíce rozrůstala mezi 4. a 7. týdnem měření (o 25 %), stejně tak nejmenší rostlina z této lokality (o 13 %) (viz obrázek č. 15 a tabulka č. 7).



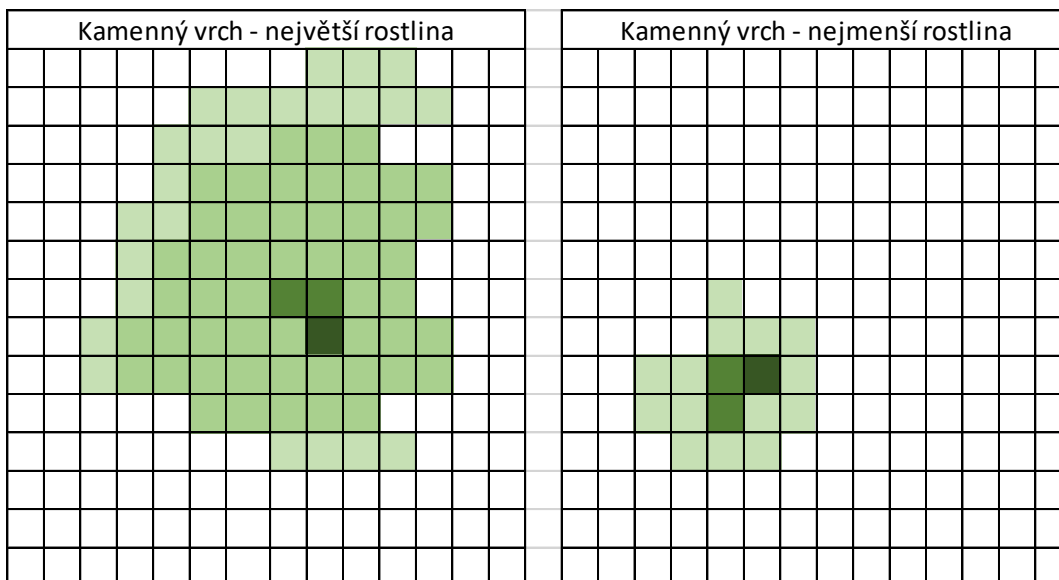
Obrázek 15: Plochy rozrůstání v lokalitě Nechranice

Největší rostlina z lokality Bezděz se nejvíce rozrůstala mezi 1. a 4. týdnem měření (o 54 %), zatímco nejmenší rostlina z této lokality se nejvíce rozrůstala v období mezi 4. a 7. měřením (o 17%) (viz obrázek č. 16 a tabulka č. 7).



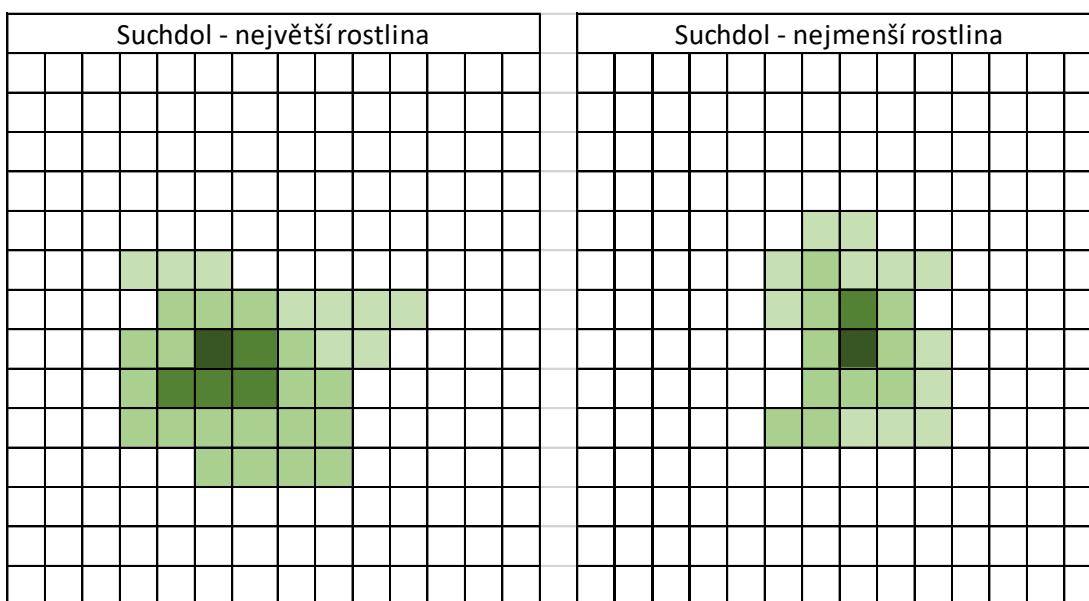
Obrázek 16: Plochy rozrůstání v lokalitě Bezděz

Největší rostlina z lokality Kamenný vrch se nejvíce rozrůstala mezi 1. a 4. týdnem měření (o 26 %), zatímco nejmenší rostlina z této lokality se nejvíce rozrůstala v období mezi 4. a 7. měřením (o 7 %) a v období mezi 1. a 4. týdnem měření se vůbec nerozrůstala (viz obrázek č. 17 a tabulka č. 7).



Obrázek 17: Plochy rozrůstání v lokalitě Kamenný vrch

Největší rostlina z lokality Suchdol se nejvíce rozrůstala mezi 1. a 4. týdnem měření (o 10 %), zatímco nejmenší rostlina z této lokality se nejvíce rozrůstala v období mezi 4. a 7. měřením (o 6 %) (viz obrázek č. 18 a tabulka č. 7).



Obrázek 18: Plochy rozrůstání v lokalitě Suchdol

## 7 Diskuze

Z výsledků vyplývá, že rostliny mohou na odlišných lokalitách dosahovat různých výšek. Studie Divíšek et al. (2018) ukázala, že nepůvodní zavlečené druhy mají větší výšku oproti původním druhům, čímž získávají převahu v konkurenčním boji, což zvyšuje schopnost negativně ovlivňovat okolní rostlinná společenstva a vhodně se přizpůsobit lokalitě. Schopnost výškové plasticity by mohla pak napomoci *S. byzantina* v invazním úspěchu. Výška rostlin se pohybovala v rozmezí 17,5 – 24 cm (viz obrázek č. 9). Nejmenší výšku 17,5 cm (viz obrázek č. 9) měly rostliny sebrané z lokality Bezděz, kde zkoumaný druh zplaňoval ze zahrad na louku. Mateřská populace byla pravděpodobně značně vzdálená, protože nebyla v blízkosti nalezena nebo sem mohl být druh zavlečen. Vzorke rostlin sebrané z této lokality vytvořily nejvíce listů (viz obrázek č. 12) a byl u nich zaznamenán největší nárůst biomasy (viz tabulka č. 6), což může být zapříčiněno tím, že půda zde obsahovala více živin a sebrané dceřiné rostliny pak nesou ve své epigenetické paměti informaci o optimálních podmínkách stanoviště a jsou předurčeny k tvorbě vysokého množství biomasy (Latzel, 2015). Např. Hadincová (2007) zjistila statisticky průkazný pozitivní vliv živinové bohatosti půd na biomasu a počet úborů. Obdobné výsledky vyšly u lokality Úvaly ovšem s rozdílnými výškami rostlin (viz tabulka č. 2). V porovnání s Bezdězem, rostliny sebrané v Úvalech dosahovaly podstatně vyšší průměrné výšky. Důvodem může být místo, kam *S. byzantina* zplaňuje a zda se v jeho okolí objevují jiná rostlinná společenstva. Naopak rostliny sebrané z Kamenného vrchu byly nejvyšší, což může být způsobeno jinými podmínkami. Čistec zplaňoval z okrasných záhonů do zapojeného porostu a rostlina tak investovala svoji energii do růstu do výšky, aby měla dostatek světla. Tuto skutečnost však nepotvrzují výsledky z lokality Suchdol, kde rostliny zplaňovaly z okrasného záhonu do travního porostu. Odebrané vzorky dosahovaly výšky 23,5 cm (viz tabulka č. 2), a v porovnání s Kamenným vrchem byl průměrný počet listů cca o 15 listů menší (viz tabulka č. 5). Rostlina tak investovala více energie do růstu do výšky, i když zde není omezena okolním porostem, který by bránil v přísunu světla. Důvodem může být to, že se populace na Suchdole nevyskytuje dostatečně dlouho dobu, aby se přizpůsobila stanovištním podmínkám, jako u ostatních lokalit nebo to může být zapříčiněno tím, že se na Suchdole vyskytuje větší úhrn srážek, a tak má rostlina více energie pro růst. U vzorků

sebraných v oblasti Nechranice vyšly nejmenší přírůstky biomasy (viz tabulka č. 6) a průměrné počty listů (viz tabulka č. 5). Také zde rostlina nezplaňuje. To může být zapříčiněno pravidelnou údržbou rostliny. Z výsledků dále vyplývá, že lokalita sběru a tedy i klimatické podmínky, které jsou u jednotlivých populací rozdílné, nemají vliv na délku a šířku listů (viz tabulka č. 3 a obrázek č. 11). K obdobným výsledkům dospěla také studie Janečková et al. (2006), kde rovněž nebyla prokázána žádná závislost mezi velikostí listové plochy a klimatickými podmínkami – modelovým druhem zde byl nativní prstnatec májový (*Dactylorhiza majalis*), experimenty s příbuznými druhy však bohužel chybí.

Z výsledků dále vyplývá, že tvorba nadzemní biomasy (viz tabulka č. 6) může být různorodá dle lokality, což může být způsobeno fenotypovou plasticitou v kombinaci s epigenetickou pamětí. Fenotypová plasticita je způsobilost rostliny vytvářet různý fenotyp v závislosti na vnějších podmínkách, chemické, fyzikální či biologické podněty z prostředí (Kratochvíl, 2010). Z toho vyplývá, že studované rostliny mohou být schopné se bez problémů přizpůsobit stanovištním podmínkám v místě sběru populace a mít odlišnou dynamiku vegetativního šíření. Největší rostliny studovaných populací (viz tabulka č. 7) se nejvíce rozrůstaly mezi 1. – 4. měřením, tedy v období měsíce srpna 2018. Výjimku tvoří rostliny sebrané v lokalitě Nechranice, které se nejvíce rozrůstaly mezi 4. – 7. měřením (září, 2018). Nejmenší rostliny všech studovaných populací se nejvíce rozrůstaly rovněž mezi 4. – 7. měřením. Rozdíly v dynamice rozrůstání by mohly být způsobeny opět rozdílnými podmínkami v místech sběru populací, na které byly jednotlivé rostliny adaptovány. Dynamika rozrůstání u terestrických rostlin je však poměrně málo zkoumané téma; vegetativní rozmnožování jev současnosti testováno především u vodních makrofyt (Rydlo, 2013).

Některé znaky, vzniklé interakcí s prostředím neboli epigenetické znaky, by mohly být děděny mezi generacemi. Příkladem může být rostlina rostoucí ve stínu, která by mohla být epigeneticky naprogramována, co nejvíce investovat do růstu do výšky za světlem oproti potomkovi rodičů z prostředí bez zástínu (Latzel, 2015). To by potvrdzovalo výsledky z lokality Kamenný vrch, kde rostlina investovala do růstu do výšky, protože byla zastíněna keřovým patrem.

Navzdory původním cílům práce, která se zaměřovala výhradně na vegetativní rozmnožování, bylo v rámci experimentu zjištěno, že se studovaný druh šíří velice

dobře také generativním způsobem. Při sběru dat o vegetační reprodukci bylo kolem mateřských rostlin nalezeno vysoké množství vyklíčených dceřiných rostlin, které se navzdory očekávání udržely celou sezonu a navzdory zimním měsícům stále rostou s vysokou vitalitou. Studovaný taxon tedy dokázal během jedné sezóny vykvést, vysemenit se a následně vyklíčit a dorůst do výšky, která dceřiným rostlinám umožnila přežít zimu (viz obrázek č. 19). Vzhledem k prokázané vegetativní reprodukční síle taxonu a pozorované vitalitě při generativním rozmnožování lze tedy soudit, že by druh mohl představovat reálné invazní riziko nejen pro své blízké okolí.



Obrázek 19: Kombinace vegetativního a generativního šíření studovaného taxonu v zimních měsících

## 8 Závěr

Tato práce měla za úkol zjistit dynamiku tvorby nadzemních vegetativních a generativních orgánů čistce vlnatého v průběhu jedné vegetační sezóny. Bylo zjištěno, že tvorba nadzemní biomasy může být různorodá dle lokality, což může být přisuzováno mj. fenotypové plasticitě (Hlavička, 2012) nebo např. epigenetické variabilitě (Latzel et al. 2013), která byla potvrzena také pro klonálně se šířící druhy (Latzel et al. 2010), což by mohl být právě případ studovaného čistce vlnatého. Dalším cílem bylo popsat vývoj pokryvnosti nadzemní biomasy studovaného druhu a porovnat, zda se nadzemní biomasy liší mezi lokalitami sběru – zde byl zjištěn statisticky významný rozdíl výšek rostlin mezi jednotlivými lokalitami. Některé rostliny tedy pravděpodobně investují více energie do růstu do šířky a některé spíše do výšky, což značně ovlivňuje množství biomasy a což může být opět způsobenou mechanismem epigenetické paměti, kterou vzhledem k rozdílnému stáří a geograficky odlišnému umístění všech mateřských populací, nelze zcela vyloučit. Dále bylo potvrzeno, že studovaný druh může zplaňovat a rychle se rozrůstat do svého okolí; vegetativní šíření čistce vlnatého tedy může vést k poměrně rychlé tvorbě hustých porostů, které mohou, mj. omezovat růst ostatních druhů. Pro komplexní poznání ekologie studovaného druhu včetně jeho invazního potenciálu by však bylo do budoucna vhodné posoudit také schopnosti generativního rozmnožování (klíčivost, šíření semen apod.) a v neposlední řadě testovat vliv epigenetické paměti na šíření a celkovou podobu studovaného druhu.

## 9 Seznam použité literatury a zdrojů

- ASNAASHARI S., DELAZAR A., ALIPOUR S., NAHAR L., WILLIAMS A., PASDARAN A., MOJARAB M., AZAD F., & SARKER S. D., 2010: *Chemical composition, free-radical-scavenging and insecticidal activities of the aerial parts of Stachys byzantina*. – Arch. Biol. Sci. 62: 653–662.
- AGENTURA OCHRANY PŘÍRODY A KRAJINY ČR (AOPK ČR), 2016: *Invazní druhy – národní legislativa*.  
<http://invaznidruhy.nature.cz/legislativa/narodni/>, cit. 19. 9. 2016.
- BELL C. D., 2010: *Towards a species level phylogeny of symphoricarpos (caprifoliaceae), based on nuclear and chloroplast DNA*. – Syst. Bot. 35: 442–450.
- CULEK M. ed., 1996: *Biogeografické členění České republiky*. Praha: Enigma, 347 s. ISBN 80-853-6880-3.
- DAISIE - Home. DAISIE - Home [online]. [cit.02.04.2019] Dostupné z: <http://www.europe-aliens.org/>
- DIVÍŠEK J., CHYTRÝ M., BECKAGE B., GOTELLI N. J., LOSOSOVÁ Z., PYŠEK P., MOLOFSKY J., 2018: *Similarity of introduced plant species to native ones facilitates naturalization, but differences enhance invasion success*. Nature Communications, 9(1). doi:10.1038/s41467-018-06995-4.
- DOSTÁL P. et PALEČKOVÁ M., 2011: *Biol Invasions* 13: 331.
- DÜNDAR E., AKÇIÇEK E., DIRMENCI T., & AKGÜN Ş., 2013: *Turkish Journal of Botany Phylogenetic analysis of the genus Stachys sect. Eriostomum (Lamiaceae) in Turkey based on nuclear ribosomal ITS sequences*.
- HADINCOVÁ M., 2007: *Vliv vlastností lokality a velikosti populace na růst rostlin*. Praha. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze. Pedagogická fakulta. Katedra biologie a ekologické výchovy.



- HAWKE R.G., 2005: *A comparative study of cultivated Study of cultivated Stachys*. Plant Evaluation Notes 27: 1-4.
- HEJDA M., PYŠEK P., JAROŠÍK V., 2009: *Impact of invasive plants on the species richness diversity and composition of invaded communities*. Global Ecology and Biogeography 18: 372–382.
- HEJNÝ S., SLAVÍK B., 2003: *Květena České republiky*. 2. nezměn. vyd. Praha: Academia. ISBN 80-200-1089-0.
- Home — *The Plant List* [online]. Copyright © The Plant List 2013 [cit. 01.04.2019]. Dostupné z: <http://www.theplantlist.org/>
- HLAVIČKA M., 2012: *Fenotypová plasticita a její role v rostlinných invazích*. Praha. Bakalářská práce Univerzita Karlova v Praze. Přírodovědecká fakulta. Katedra botaniky
- CHYTRÝ M., PYŠEK P., 2008: *Invaze nepůvodních druhů v rostlinných společenstvech (Invasions by alien species in plant communities)*. Zprávy Čes. Bot. Společ. 43, Mater. 23: 17–40.
- JANEČKOVÁ, P., WOTAVOVÁ, K., SCHÖDELBAUEROVÁ, I., JERSÁKOVÁ, J., KINDLMANN, P., 2006: *Relative effects of management and environmental conditions on performance and survival of populations of a terrestrial orchid, Dactylorhiza majalis*. Biological conservation, 40 –49.
- JEHLÍK V., 1998: *Cizí expanzivní plevele České a Slovenské republiky*. Academia, Praha, 506 s.
- KEANE R. M., CRAWLEY M. J., 2002: *Exotic plant invasions and the enemy release hypothesis*: Trends in Ecology & Evolution, v. 17, p. 164-170.

- KOCHIEVA E. Z., KHUSSEIN I. A., LEGKOBIT M. P., KHADEEVA N. V., 2002: *The detection of genome polymorphism in Stachys species using RAPD.* – Russ. J. Genet. 38: 516–520.
- KNOTKOVÁ I., BAROŠ, A. 2009: *Zplanění vybraných taxonů trvalek v porostním okraji dřevin.* – Acta Pruhoniana, 93: 89–95.
- KOOP A.L, FOWLER L., NEWTON L.P., CATON B.P, 2011: *Development and validation of a weed screening tool for the United States.* Biol Invasions 14: 273–294.
- KRATOCHVÍL L., 2010: *Jak nás formuje prostředí a jak my formujeme je.* Vesmír 2010/12, 781 – 783.
- LATZEL V., 2015: *Epigenetická dědičnost v ekologii a evoluci rostlin.* Vesmír 2015/2, 105 – 109.
- LATZEL, V., ALLAN, E., BORTOLINI SILVEIRA, A., COLOT, V., FISCHER, M., BOSSDORF O., 2013: *Epigenetic diversity increases the productivity and stability of plant populations.* Nature Communications, 4(1). doi:10.1038/ncomms3875.
- LATZEL V., KLIMEŠOVÁ J., EVOL ECOL, 2010: *Transgenerational plasticity in clonal plants.* [cit. 20.04.2019]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10682-010-9385-2>
- MANAFI H., SHAFAGHAT A., MAZLOOMIFAR A., & KASHANAKI R., 2010: *Antimicrobial activity and volatile constituents of essential oils from leaf and stem of Stachys byzantina C.Koch.* – J. Essent. Oil-Bearing Plants 13: 37–41.
- MARKOVÁ Z. HEJDA M., 2011: *Invaze nepůvodních druhů rostlin jako environmentální problém.* Živa 1: 10-14.
- MIKULKA J. et al., 2005: *Plevelné rostliny.* Profi press, Praha, 148 s.

- MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR (MŽP ČR), 2016: *Invazní druhy*. [http://www.mzp.cz/cz/invazni\\_druhy](http://www.mzp.cz/cz/invazni_druhy), cit. 19. 9. 2016.
- MITCHELL C.E., POWER A.G., 2003: *Release of invasive plants from fungal and viral pathogens*. *Nature* 421, 625-627.
- MLÍKOVSKÝ J., STÝBLO P. [eds], 2006: *Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky*. ČSOP, Praha, 496 s.
- MORAVCOVÁ L., PYŠEK P., JAROŠÍK V., HAVLÍČKOVÁ V. & ZÁKRAVSKÝ P., 2010: *Reproductive characteristics of neophytes in the Czech Republic: traits of invasive and non-invasive species*. – *Preslia* 82: 365–390.
- MORTEZA-SEMNANI K., AKBARZADEH M., CHANGIZI S., 2006: *Essential oils composition of Stachys byzantina, S. inflata, S. lavandulifolia and S. laxa from Iran*. – *Flavour Fragr. J.* 21: 300–303.
- PERGL J., 2008: *Co víme o vlivu zavlečených rostlinných druhů?*. *Zprávy České botanické společnosti* roč. 43, Mater. 23, s. 183-192.
- PERGL J., DUŠEK J., HOŠEK M., KNAPP M., SIMON O., BERCHOVÁ K., BOGDAN V., ČERNÁ M., POLÁKOVÁ S., MUSIL J., SÁDLO J., SVOBODOVÁ J., 2016: *Metodiky mapování a monitoringu invazních (vybraných nepůvodních) druhů*.
- PERGL J., SÁDLO J., PETRUSEK A., PYŠEK P., 2013: *Alien species in the Czech Republic; black and grey lists with recommended management actions for the state authorities*. Botanický ústav AV ČR. Přírodovědecká fakulta UK.
- PLADIAS: *Databáze české flóry a vegetace*. Pladias: Databáze české flóry a vegetace [online]. Copyright © 2014 [cit. 01.04.2019]. Dostupné z: <https://pladias.cz/>

- PYŠEK P., SÁDLO J., MANDÁK B., 2002: *Catalogue of alien plants of the Czech republic*. In: *Preslia*, roč. 74, č. 2, s. 97-186.
- PYŠEK P., CHYTRÝ M., PERGL J., SÁDLO J. et WILD J., 2012<sup>a</sup>: *Plant invasions in the Czech Republic: current state, introduction dynamics, invasive species and invaded habitats*. *Preslia* 84: 576–630.
- PYŠEK P., DANIHELKA J., SÁDLO J., CHRTEK J. JR., CHYTRÝ M., JAROŠÍK V., KAPLAN Z., KRAHULEC F., MORAVCOVÁ L., PERGL J., ŠTAJEROVÁ K. & TICHÝ L. 2012<sup>b</sup>: *Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns*. – *Preslia* 84: 155–255.
- RYDLO J., 2013: *Šíření vodních klonálních rostlin*, Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Katedra botaniky.
- ŘÍČAŘOVÁ V., 2011: *Dálkové šíření Rumex alpinus*. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Katedra botaniky.
- STACHYS BYZANTINA C. KOCH – čistec vlnatý | BOTANY.cz. BOTANY.cz - *Zajímavosti ze světa rostlin (2007)*[online]. Copyright © [cit. 08.04.2019]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/stachys-byzantina/>
- ŠEFROVÁ H., LAŠTŮVKA Z., 2005: *Catalogue of alien animal species in the Czech Republic*. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 53(4): 151–170.
- TAKEDA Y., ZHANG H., MASUDA T., HONDA G., OTSUKA H., SEZIK E., YESILADA E., HANDONG SUN., 1997: *Megastigmane glucosides from Stachys byzantina*. – *Phytochemistry* 44: 1335–1337.
- TICHÝ L., PYŠEK P., 2001: *Rostlinné invaze*. Vyd. 1. Brno: Rezekvítek, 40 s. ISBN 80-902954-4-4.

- TILMAN D., 1993: *Species richness of experimental productivity gradients: how important is colonization limitation*. Ecology 74: 2179 - 2191.
- TOLASZ R., MÍKOVÁ T., VALERIÁNOVÁ A., VOŽENÍLEK V. eds., 2007: *Atlas podnebí Česka*. Český hydrometeorologický ústav, Praha a Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 255 s. ISBN 978-80-244-1626-7.
- WITTENBERG R. & COCK M.J.W. 2001: *Invasive alien species: a toolkit of best prevention and management practices*. CABI Publishing, Wallingford, UK
- ZÁKON Č. 114/1992 SB., *o ochraně přírody a krajiny, v platném znění*.